

CALAGEM E MICRONUTRIENTES EM UM PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO PARA CULTIVO DE CENTROSEMA⁽¹⁾

FRANCISCO ANTONIO MONTEIRO^(2,4), JOAQUIM CARLOS WERNER^(3,4), HERBERT BARBOSA DE MATTOS^(3,4) e MARIA TEREZA COLOZZA⁽³⁾

RESUMO: Em um experimento de campo conduzido no Instituto de Zootecnia, em Nova Odessa, SP, foram estudados os efeitos da aplicação de calcário e de micronutrientes em um solo Podzólico Vermelho-Amarelo variação Laras, para o cultivo de *Centrosema pubescens* Benth. Quatro níveis de calcário (0; 1,2; 2,4 e 3,6t/ha) foram combinados com a presença ou ausência de molibdênio e boro + cobre + zinco. Os níveis de corretivo formaram as parcelas enquanto os micronutrientes formaram as subparcelas do experimento em blocos ao acaso, com quatro repetições. Quatorze cortes foram realizados nas plantas durante os cinco anos de experimentação. A produção de matéria seca e a quantidade total de proteína bruta variaram significativamente ($P < 0,01$) com os níveis de calcário, com molibdênio e com o boro + cobre + zinco, no primeiro corte da forrageira. Esses efeitos para calagem e molibdênio ficaram evidentes também para o total dos cortes no primeiro ano após a fase de estabelecimento da leguminosa. Nos demais anos a calagem não evidenciou os mesmos efeitos, enquanto a adubação com o molibdênio o fez. São discutidas as variações nas concentrações de nutrientes nas plantas, em função da calagem e dos micronutrientes e, nos parâmetros de fertilidade do solo, em função dos níveis de corretivo.

Termos para indexação: calagem, micronutrientes, molibdênio, boro, cobre, zinco, centrosema, Podzólico Vermelho-Amarelo.

Liming and micronutrients applied to an ultisol for centro growth

SUMMARY: A field experiment was carried out at the Instituto de Zootecnia, State of São Paulo, to study the effects of liming and micronutrients applied to an Ultisol for the growth of *Centrosema pubescens* Benth. Four liming rates (0; 1.2; 2.4 and 3.6t/ha) were combined with the application or not of molybdenum or boron + copper + zinc. Liming was the main plot and micronutrient combinations were subplots, which were assigned in randomized complete block design, with four replications. Fourteen harvests were performed in the five years of experimentation. Forage yield and the total amount of crude protein significantly ($P < 0.01$) responded to lime, to molybdenum and to boron + copper + zinc, in the first harvest. These effects were also evident during the first year after plant establishment. Liming did not affect these plant responses in the following years, whereas molybdenum did. Changes in forage nutrient concentrations are discussed as a

- (1) Parte do Projeto IZ 14-004/76. Parte do acordo IZ/Nestlé. Recebido para publicação em dezembro de 1993.
- (2) Setor de Nutrição Mineral de Plantas, Departamento de Química, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP.
- (3) Seção de Nutrição de Plantas Forrageiras, Divisão de Nutrição Animal e Pastagens, Instituto de Zootecnia.
- (4) Bolsista do CNPq.

consequence of liming and micronutrients applications, changes in soil fertility as result of liming are also presented.

Index terms: liming, micronutrient, molybdenum, boron, copper, zinc, centro, ultisol.

INTRODUÇÃO

A presença de leguminosas nos pastos pode resultar em melhoria da produtividade das pastagens e da qualidade do alimento ingerido pelos animais. Um dos pontos básicos para que isso ocorra é o suprimento de nitrogênio ao sistema, através da fixação biológica via leguminosa-rizóbio. Para que haja uma eficiente fixação do nitrogênio, as condições do meio (em particular a acidez do solo e o suprimento de nutrientes) devem ser adequadas.

A centrosema foi considerada por ROCHA (1991) como uma das leguminosas forrageiras bem representadas no Brasil Central e ela tem sido considerada em estudos de nutrição de plantas e adubação há cerca de três décadas.

Pesquisas envolvendo a correção da acidez de diversos solos do Brasil Central para o cultivo de centrosema têm evidenciado, constantemente, a necessidade da aplicação de calcário para incrementar a produção de matéria seca da leguminosa, bem como para melhorar o desempenho do sistema simbiótico de fixação de nitrogênio (DÖBEREINER & ARONOVICH, 1966; FRANÇA & CARVALHO, 1970; JONES & FREITAS, 1970; JONES et al., 1970; WERNER & MATTOS, 1972; SOARES & VARGAS, 1974; MONTEIRO et al., 1983a e COLOZZA et al., 1986). Particularmente, o trabalho de MONTEIRO et al. (1983a), que envolve estudo em casa-de-vegetação com solo do mesmo local que o do presente experimento, mostrou ser a calagem indispensável ao estabelecimento da centrosema, bem como ser necessária uma dose de corretivo superior à que elevou a porcentagem de saturação por bases do solo a 45% e o pH (em água) do solo a 5,6, para obtenção da máxima produção de matéria seca dessa leguminosa.

Com relação aos micronutrientes, FRANCO (1978) afirmou que a deficiência dos mesmos pode se constituir em sério problema de fertilidade nos solos tropicais altamente lixiviados e com baixo pH. Também há que se considerar que, em geral, as disponibilidades de boro, cobre e zinco diminuem enquanto a de molibdênio aumenta com a elevação do pH do meio em que se encontram (LINDSAY, 1972 e ASHER, 1979).

Quando se consideram as leguminosas, a importância dos micronutrientes deve ser destacada, não somente para a nutrição das plantas mas, também, para a formação dos nódulos e o funcionamento do sistema de fixação de nitrogênio. Assim, uma série de trabalhos têm mostrado a importância e a necessidade da aplicação dos

micronutrientes (em especial de boro, cobre, zinco e molibdênio) em solos brasileiros utilizados no cultivo de centrosema (WERNER & MATTOS, 1975; DE POLLI et al., 1975; WERNER et al., 1983; MONTEIRO et al., 1983b e COLOZZA et al., 1986). Sem dúvida, é o molibdênio que invariavelmente tem se mostrado como imprescindível na adubação para essa leguminosa forrageira. Em solo do mesmo local que o do experimento ora reportado, MONTEIRO et al. (1983a) relataram, em presença de calagem, benéficos efeitos do molibdênio ou da adição conjunta de boro + cobre + zinco.

Os objetivos do presente experimento foram os de avaliar as respostas da centrosema em termos de produtividade e de concentrações de nutrientes na planta, bem como verificar as alterações em características da fertilidade do solo, por vários anos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido a campo, em área da Estação Experimental Central do Instituto de Zootecnia, em Nova Odessa, SP. A espécie estudada foi a *Centrosema pubescens* Benth utilizando-se um solo Podzólico Vermelho-Amarelo - variação Laras. A análise de uma amostra de terra coletada no local, na profundidade de 0 a 0,20m, revelou os seguintes resultados em termos de fertilidade de solo: 4,8 pH(H₂O); 1,8% matéria orgânica; 0,8 meq/100ml Al³⁺; 0,3 meq/100ml Ca²⁺; 0,1 meq/100ml Mg²⁺; 0,05 meq/100ml K⁺; 4,0 meq/100ml CTC; 3µg/ml P e 11,2% V.

Utilizou-se um fatorial 4x4 de níveis de calcário com micronutrientes. Para a definição do maior nível de corretivo, tratou-se de determinar a necessidade de calcário para elevar o pH do solo (em água) a 6,5 (através da técnica de incubação, conforme MALAVOLTA, 1976), a qual resultou em 3,6t calcário/ha. Adotou-se como ponto inicial a ausência de calagem e atribuíram-se dois níveis intermediários igualmente espaçados dos extremos (portanto, 1,2 e 2,4t calcário/ha). O nível 1,2t/ha atendeu exatamente ao critério de calagem que considera o Al trocável x 1,5 (RAIJ, 1991), enquanto o critério de se elevar o Ca²⁺ + Mg²⁺ trocáveis ao valor 2 (correspondente a 1,6t calcário/ha) estava contemplado como intermediário dos níveis adotados. Os níveis 1,2; 2,4 e 3,6t de calcário deveriam elevar a porcentagem de saturação por bases do solo a aproximadamente 20, 50 e 70%, respectivamente. Para os micronutrientes, tratou-se de testar as quatro combinações possíveis entre ausência e presença de molibdênio e de boro + cobre + zinco em conjunto. No

campo, os dezesseis tratamentos foram alocados em parcelas subdivididas, sendo os níveis de corretivo as parcelas e as adubações com micronutrientes as subparcelas. Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro repetições.

Cada subparcela tinha as dimensões de 5 x 1,75m e era separada da imediatamente vizinha por um corredor de 0,30m. Assim, cada parcela media 5 x 7,90 m.

A calagem foi realizada em 23/01/76, distribuindo-se o calcário dolomítico (23,5% CaO e 15,1% MgO, PRNT = 68,5%) manualmente na superfície de cada parcela e nas quantidades de 0; 4,74; 9,48 e 14,22kg por parcela de 39,50m². Imediatamente após a distribuição o corretivo foi incorporado ao solo por uma enxada rotativa tracionada por um microtrator.

Aos 45 dias após a calagem, tratou-se de amostrar o solo, segundo os níveis de corretivo e combinando-se amostras de cada dois blocos experimentais. Em seguida, realizou-se o sulcamento manual em cada parcela, mantendo-se os sulcos distanciados de 0,30m entre si. A adubação de plantio foi efetuada manualmente colocando-se superfosfato simples (100kg P₂O₅/ha) e o cloreto de potássio (90kg K₂O/ha) junto com o(s) micronutriente(s). Utilizaram-se como fonte de micronutrientes e respectivas quantidades, os seguintes adubos: molibdato de sódio (0,63kg/ha ou 0,25kg Mo/ha), ácido bórico (2,8kg/ha ou 0,5kg B/ha), sulfato de cobre (8,0kg/ha ou 2kg Cu/ha), sulfato de zinco (9,0kg/ha ou 2,0kg Zn/ha). Após a distribuição dos adubos cuidou-se de recobri-los com fina camada de terra do próprio sulco. Ai tratou-se de semear a centrosema, utilizando-se 6kg sementes/ha (de um lote com valor cultural de 80%). Quatro anos após a adubação inicial foi repetida a adubação no experimento utilizando-se as mesmas fontes e doses de fertilizantes.

Depois de as plantas terem se desenvolvido e conseguirem recobrir o terreno, foram iniciados os cortes mecânicos que se repetiram periodicamente até se completarem os 14 cortes no experimento. Para tanto utilizou-se uma ceifadeira com barra de 0,75m de largura, cortando a 0,08m de altura. O primeiro corte (04/01/77) foi considerado isoladamente, por refletir o estabelecimento na leguminosa. O segundo (18/04/77), o terceiro (21/11/77) e o quarto cortes (13/02/78) compuseram o primeiro ano após o estabelecimento das plantas. Analogamente o segundo ano foi constituído pelo quinto (03/05/78), sexto (24/10/78) e sétimo cortes (20/02/79); o terceiro ano pelo oitavo (14/05/79) e nono (17/01/80) cortes; o quarto pelo décimo (20/03/80), décimo primeiro (07/10/80) e décimo segundo cortes (15/12/80) e o quinto ano pelo décimo terceiro (02/02/81) e décimo quarto cortes (12/01/82).

O material vegetal colhido foi pesado e amostrado para secagem a 65°C, até peso constante, em estufa de circulação forçada de ar. A seguir a amostra foi pesada e moída em moinho do tipo Wiley para ser analisada em laboratório.

Determinaram-se as porcentagens de matéria seca a 100°C e de proteína bruta (esta após digestão sulfúrica), segundo LOTT et al. (1956). Realizou-se a determinação do boro pelo método da curcumina e a digestão nítrico-perclórica para a determinação de fósforo (por método colorimétrico do vanado-molibdato de amônio) e de cálcio, magnésio, potássio, cobre, ferro, manganês e zinco (por espectrofotometria de absorção atômica), de acordo com SARRUGE & HAAG (1974). Todos os resultados do experimento foram corrigidos para a matéria seca a 100°C.

Realizaram-se amostragens de solo (além daquela aos 45 dias após a calagem) a cada ano experimental, sempre nos meses de março/abril e a uma profundidade de 0 a 0,15m. As amostras foram analisadas nos laboratórios da Seção de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas do Instituto Agrônomo de Campinas, segundo metodologia descrita por RAIJ & ZULLO (1977).

Procedeu-se à análise estatística através de análises de variância e de regressão empregando-se o "Statistical Analysis System" (FREUND & LITTELL, 1981).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

São apresentados separadamente os resultados das análises químicas em amostras de solo e aqueles obtidos com as coletas das plantas. Os resultados relativos à centrosema são mostrados para o primeiro corte das plantas (refletem a fase inicial de estabelecimento da forrageira) e para cada ano experimental após aquela fase, em termos de produção e de teores de nutrientes na leguminosa.

Solo:

No quadro 1 constam os resultados das análises de terra das amostras coletadas 45 dias após a calagem (época do plantio da leguminosa), quinze meses após (início do 1º ano após o estabelecimento) e cinquenta meses após a aplicação do corretivo (início do 4º ano após o estabelecimento).

Como era de se esperar, a calagem resultou em apreciáveis elevações no pH, no Ca²⁺ e Mg²⁺ trocáveis e na porcentagem de saturação por bases do solo (V%), enquanto fez decrescer sensivelmente o Al³⁺ trocável, em qualquer das amostragens de solo realizadas.

Quadro 1. Resultados das análises químicas de amostras de terra coletadas aos 45 dias, 15 meses e 50 meses após a aplicação dos níveis de calcário. Médias de quatro repetições

Calcário	pH	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	V ⁽¹⁾
t/ha	H ₂ O	e.mg/100 ml T.F.S.A.				- % -
45 DIAS APÓS CALAGEM						
0	4,85	0,75	0,25	0,10	0,03	9,4
1,2	5,35	0,40	0,60	0,45	0,03	26,7
2,4	5,60	0,10	0,90	0,75	0,03	41,6
3,6	5,70	0,05	1,05	0,90	0,02	48,9
15 MESES APÓS CALAGEM						
0	4,90	0,78	0,18	0,05	0,08	7,5
1,2	5,38	0,33	0,58	0,30	0,07	22,8
2,4	5,80	0,08	0,97	0,63	0,08	42,2
3,6	6,00	0,02	1,03	0,80	0,07	47,6
50 MESES APÓS CALAGEM						
0	4,81	0,60	0,15	0,08	0,03	6,5
1,2	5,12	0,45	0,38	0,14	0,03	13,8
2,4	5,38	0,22	0,76	0,37	0,03	29,0
3,6	5,54	0,12	0,95	0,48	0,03	36,5

(1) Valores aproximados por terem sido estimados a partir de resultados múltiplos com o solo do local

Pode-se notar (quadro 1) que aos quinze meses experimentais, em relação à amostragem aos 45 dias, ocorreram mínimas variações nos parâmetros analisados do solo. Isso, talvez possa ser atribuído a um prosseguimento da reação do corretivo durante esse período, uma vez que as plantas procederam à retirada de nutrientes do solo e estes foram removidos na colheita.

Todavia, com o passar dos anos experimentais o solo foi se acidificando novamente, mesmo nas parcelas que receberam calcário. De acordo com RAIJ (1991) isto é esperado ocorrer nos solos, quer pela extração de cátions básicos pelas plantas, quer pela lixiviação ou ainda pela erosão (esta supostamente com mínima influência nas condições do experimento).

Outro aspecto a se destacar é a variação do teor de potássio trocável no solo. Antes do plantio da leguminosa e, portanto, antes de se efetuar uma adubação potássica o teor desse elemento era muito baixo (0,03 meq/100ml) no solo. Esse teor se elevou para aproximadamente 0,08 meq/100ml ao final do período de estabelecimento da planta, em função da aplicação de potássio naquele período (e considerando-se que as plantas retiraram esse nutriente do solo). Todavia, à medida que se avançaram os anos experimentais até o 4º ano a reposição de potássio se mostrou insuficiente para repor as saídas do elemento, de tal forma que ao início do 4º ano experimental o seu teor no solo era novamente de 0,03 meq/100ml.

Estabelecimento da forrageira:

A produção de matéria seca e a quantidade total de proteína bruta da centrosema variaram significativamente ($P < 0,01$) com os níveis de calcário, com a aplicação de molibdênio e com o emprego de boro + cobre + zinco (quadros 2 a 4).

Quadro 2. Produção de matéria seca (MS), quantidade total de proteína bruta (PB) e concentrações de fósforo, magnésio, manganês e zinco na centrosema, no primeiro corte do experimento, em função dos níveis de calcário

Calcário	MS	PB	P	Mg	Mn	Zn
t/ha	kg/ha	kg/ha	%	mg/kg	mg/kg	mg/kg
0	510c	127b	0,257b	0,294a	226a	39,7a
1,2	1028b	261a	0,273ab	0,359a	164ab	36,2b
2,4	1550a	390a	0,271ab	0,350a	155b	35,3bc
3,6	1306ab	331a	0,281a	0,368a	169ab	34,5c
Reg. Lin.	**	**	**	*	*	**
Reg. Quad.	**	*	n.s.	n.s.	*	**
C.V. (%)	27,4	26,9	6,6	11,0	17,8	6,1

Médias seguidas de letras diferentes, dentro de cada coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$)

Quadro 3. Equações de regressão e coeficientes de determinação relativos à produção de matéria seca (MS), quantidade total de proteína bruta (PB) e concentrações de fósforo, magnésio, manganês e zinco na centrosema, no primeiro corte do experimento, em função dos níveis de calcário (X, em t/ha)

Variável dependente (Y)	Equação	R ²
MS (kg/ha)	$\hat{Y} = 471,92 + 718,14X - 132,12X^2$	0,95
PB (kg/ha)	$\hat{Y} = 117,94 + 182,61X - 33,62X^2$	0,96
P (%)	$\hat{Y} = 0,2604 + 0,00578X$	0,82
Mg (%)	$\hat{Y} = 0,3109 + 0,01771X$	0,69
Mn (mg/kg)	$\hat{Y} = 224,10 - 61,87X + 13,01X^2$	0,99
Zn (mg/kg)	$\hat{Y} = 39,55 - 3,0495X + 0,4666X^2$	0,98

Quadro 4. Efeitos dos micronutrientes na produção de matéria seca (MS) na quantidade total de proteína bruta (PB) e na concentração de zinco na centrosema, no primeiro corte

Efeito dos micronutrientes	MS	PB	Zn
	kg/ha	kg/ha	mg/kg
Sem Mo	986b	250b	36a
Com Mo	1212a	304a	36a
Sem (B, Cu, Zn)	1226a	309a	34b
Com (B, Cu, Zn)	972b	245b	39a

Médias seguidas de letras diferentes, dentro de cada sub coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$)

A resposta da leguminosa ao calcário, em termos de produção de matéria seca e de quantidade total de proteína bruta, resultou em uma regressão quadrática significativa (quadro 2) e as respectivas equações de regressão são mostradas no quadro 3. A variação na quantidade total de proteína com os níveis de calcário seguiu a mesma

tendência que a da produção de matéria seca, uma vez que a aplicação do corretivo não resultou em significativa ($P > 0,05$) variação na porcentagem de proteína bruta na leguminosa. Os pontos de máxima produção de matéria seca e da quantidade total de proteína bruta, nesse corte, ocorreram em 2,72 toneladas de calcário por hectare, a qual representava uma porcentagem de saturação por bases do solo de cerca de 45% (por ocasião do plantio da leguminosa).

A produção de matéria seca, na ausência de calagem, representou cerca de 33% da máxima alcançada com 2,72t corretivo/ha. Esse valor está bem abaixo dos 52 e 62%, respectivamente reportados por ANDREW & NORRIS (1961) e MONTEIRO et al. (1983a) com centrosema cultivada em condições controladas e não no campo, como no presente experimento.

As porcentagens de fósforo e de magnésio na matéria seca da centrosema aumentaram linearmente com os níveis de calcário (quadros 2 e 3). O emprego do corretivo incrementou de forma direta a disponibilidade de magnésio no solo e de forma indireta (através de elevação do pH) a do fósforo, de tal forma que ambos foram absorvidos em maiores quantidades pelas plantas. MONTEIRO et al. (1983a) também constataram variações significativas e positivas nos teores de magnésio da centrosema submetida a níveis de calcário. Por sua vez, as concentrações de manganês e de zinco variaram de forma quadrática com a calagem (quadros 2 e 3) e tiveram seus pontos de mínimo, respectivamente, em 2,38 e 3,27 toneladas de calcário por hectare. Nesses pontos, as concentrações de manganês e zinco seriam, respectivamente, de 151 e 35mg/kg de matéria seca e não deveriam se constituir em limitações ao normal suprimento para essa leguminosa. De outra forma, os teores desses micronutrientes nas plantas, na ausência de calagem, não atingiram valores excessivamente altos a ponto de se tornarem tóxicos às mesmas. Similarmente, MONTEIRO et al. (1983a), ao trabalharem com solo do mesmo local, em casa-de-vegetação, não constataram sintomas de toxidez de Mn na centrosema, mesmo quando não efetuaram a aplicação de calcário no solo e a concentração de manganês na planta atingiu 641mg/kg de matéria seca.

A aplicação de molibdênio, junto com a adubação no sulco de plantio da leguminosa, resultou em acréscimos da ordem de 23 e 22%, respectivamente, na produção de matéria seca e na quantidade total de proteína bruta na leguminosa (quadro 4). Aumentos na produção de matéria seca e na quantidade total de N ou de proteína bruta também foram descritos por WERNER & MATTOS (1975), WERNER et al. (1983), MONTEIRO et al. (1983a), MONTEIRO et al. (1983b) e COLOZZA et al. (1986).

Uma redução da ordem de 21% foi constatada na produção de matéria seca e na quantidade total de proteína bruta da leguminosa, nesse corte, mediante o emprego do

boro, cobre e zinco em conjunto (quadro 4). Por outro lado, a concentração de zinco na centrosema foi significativamente ($P < 0,01$) aumentada com o emprego de tal adubação, enquanto as concentrações de boro e cobre na leguminosa não variaram de forma significativa ($P > 0,05$) com a aplicação desses micronutrientes e mostraram médias de 37 e 21 mg/kg de matéria seca, respectivamente.

Produções anuais:

A produção de matéria seca e a quantidade total de proteína bruta da centrosema, no primeiro ano experimental (segundo, terceiro e quarto cortes), variaram significativamente ($P < 0,02$) com a calagem realizada antes da semeadura da leguminosa. Essas duas variáveis foram incrementadas linearmente com os níveis do corretivo (figura 1). Similares resultados na produção de matéria seca e na quantidade total de nitrogênio, nessa leguminosa cultivada no solo do mesmo local, foram reportados por MONTEIRO et al. (1983a), através de experimento em casa-de-vegetação.

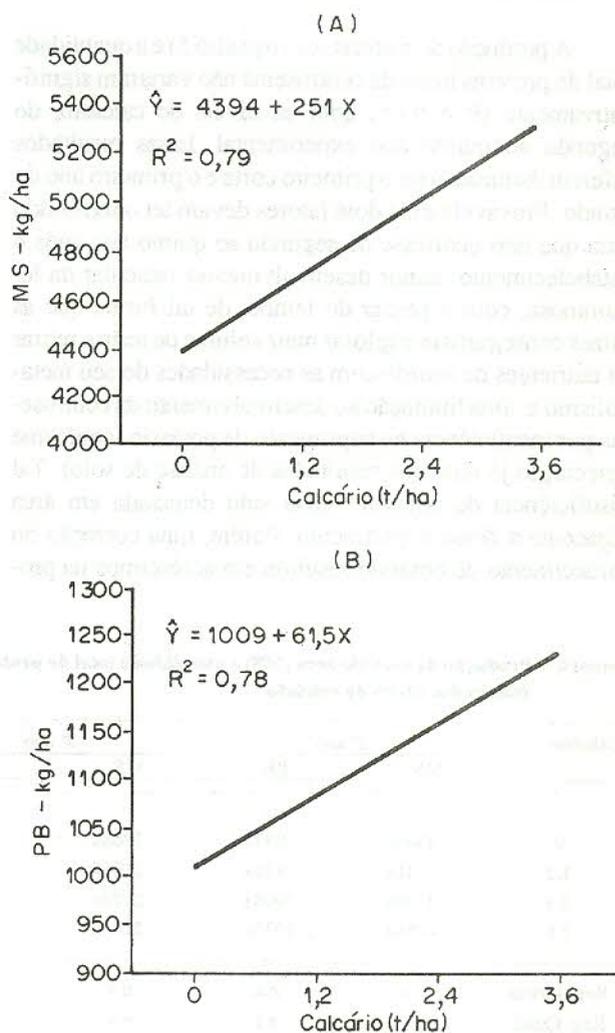


Figura 1. Produção de matéria seca (A) e quantidade total de proteína bruta (B) da centrosema no primeiro ano experimental, em função dos níveis de calcário

Por ocasião da realização do segundo corte experimental e na camada superficial (0 a 0,15m) do solo, o Al^{3+} trocável era inexpressivo e a porcentagem de saturação por bases atingia 47,6% (quadro 1) nas parcelas que receberam o maior nível de calcário no experimento (3,6t/ha).

Mediante o emprego de molibdênio na adubação, foram verificados aumentos significativos ($P < 0,05$) na porcentagem de proteína bruta da centrosema no terceiro e quarto cortes da forrageira (figura 2A). Esses aumentos devem ser consequência do efeito benéfico desse micronutriente no processo de fixação biológica do nitrogênio nos nódulos radiculares da leguminosa, como descrito por ANDREW (1978).

Como resultado dos aumentos na porcentagem de proteína bruta das plantas, verificou-se um aumento significativo ($P < 0,02$) na quantidade total de proteína bruta da leguminosa, no primeiro ano, devido à adubação com molibdênio (figura 2B), uma vez que a produção de matéria seca não variou significativamente ($P > 0,05$) com essa adubação.

A produção de matéria seca (quadro 5) e a quantidade total de proteína bruta da centrosema não variaram significativamente ($P > 0,05$) com os níveis de calcário, do segundo ao quinto ano experimental. Esses resultados diferem daqueles para o primeiro corte e o primeiro ano do estudo. Provavelmente dois fatores devam ter contribuído para que isso ocorresse do segundo ao quinto ano após o estabelecimento: maior desenvolvimento radicular da leguminosa, com o passar do tempo, de tal forma que as raízes conseguiram explorar maior volume de terra e retirar os nutrientes de acordo com as necessidades do seu metabolismo e, uma limitação ao desenvolvimento da centrosema por insuficiência no suprimento de potássio (conforme apreciação já feita dos resultados de análise de solo). Tal insuficiência de potássio havia sido detectada em área adjacente à desse experimento. Porém, uma correção no fornecimento de potássio resultou em acréscimos na pro-

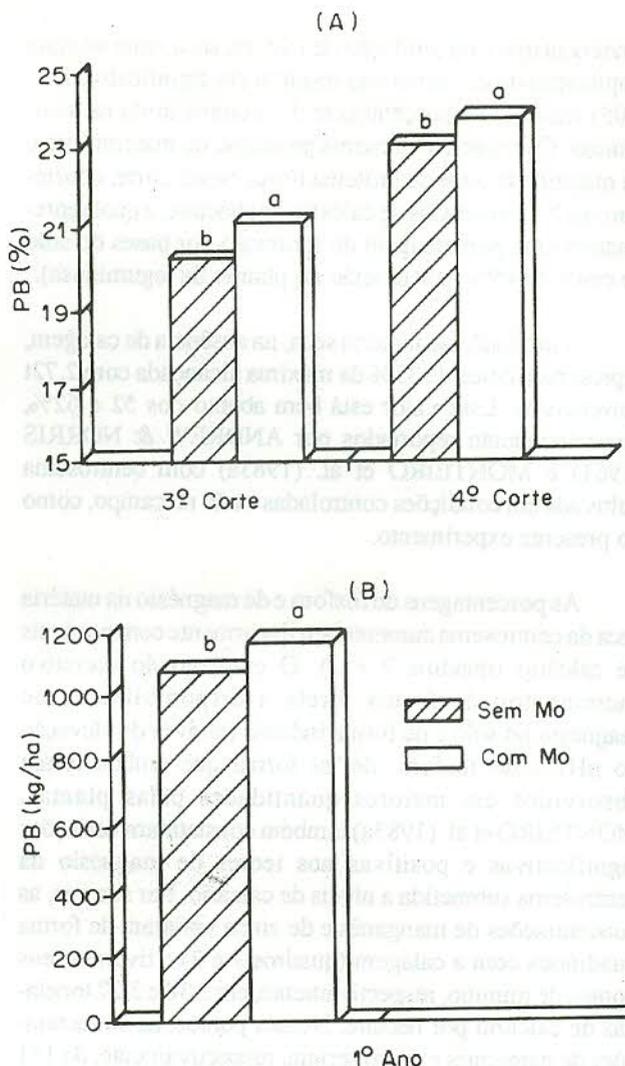


Figura 2. Efeitos do molibdênio na porcentagem de proteína bruta (A) e na quantidade total de proteína bruta (B) da centrosema, no primeiro ano do experimento. Barras seguidas de letras diferentes, dentro de cada corte/ano diferem entre si pelo teste F ($P < 0,05$)

dução de matéria seca da leguminosa no quinto ano experimental, mas sem significância estatística ao nível de 5%.

Quadro 5. Produção de matéria seca (MS) e quantidade total de proteína bruta (PB) da centrosema, do segundo ao quinto ano experimental, em função dos níveis de calcário

Calcário	2º ano		3º ano		4º ano		5º ano	
	MS	PB	MS	PB	MS	PB	MS	PB
	kg/ha							
0	4344a	1037a	1968a	483a	2687a	686a	710a	184a
1,2	4336a	975a	2166a	530a	2619a	654a	858a	216a
2,4	4198a	1008a	2193a	539a	3417a	867a	921a	241a
3,6	4056a	1035a	2164a	528a	2820a	699a	1059a	270a
Reg. Linear	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Reg. Quad.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
C.V. (%)	15,7	13,9	16,0	16,1	21,8	21,7	42,2	41,0

Médias seguidas de letras semelhantes, dentro de cada coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$)
 n.s. - não significativa ($P > 0,05$)

Quanto ao efeito dos micronutrientes, do segundo ao quinto ano experimental, observou-se que o molibdênio resultou em ligeiros incrementos na produção de matéria seca e na quantidade total de proteína bruta da centrosema, em cada total anual (figura 3). No quinto ano, esse micronutriente proporcionou aumentos significativos ($P < 0,02$), da ordem de 31% nessas duas variáveis estudadas na leguminosa.

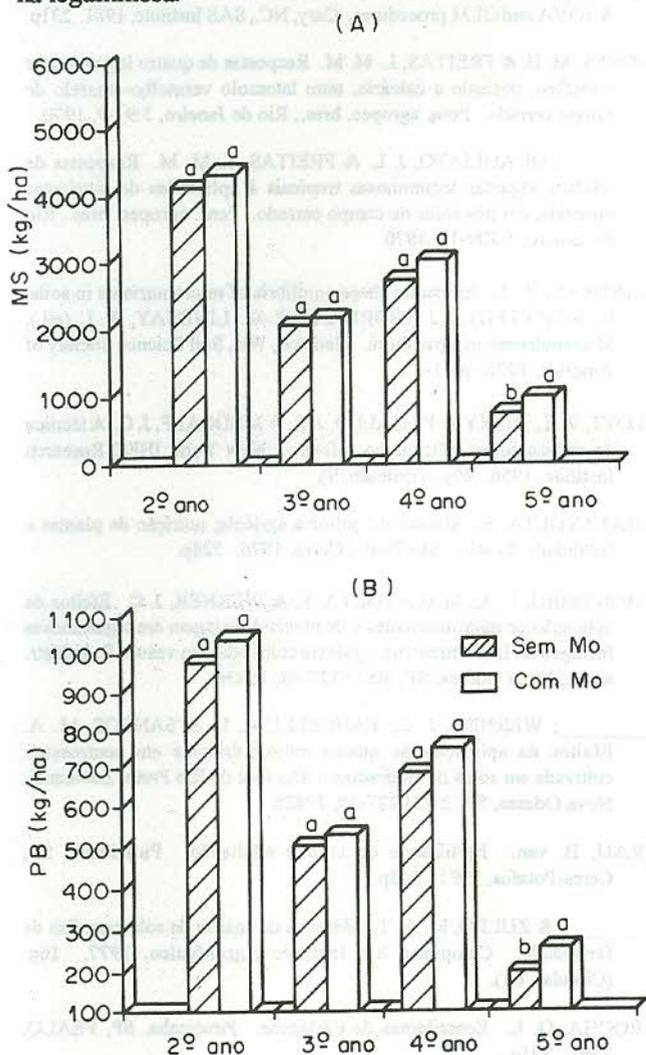


Figura 3. Efeitos do molibdênio na produção de matéria seca (A) e na quantidade total de proteína bruta (B) da centrosema, do segundo ao quinto ano experimental. Barras seguidas de letras diferentes, dentro de cada corte/parâmetro, diferem entre si pelo teste F ($P < 0,05$)

Teores de nutrientes

As concentrações de Mg e Mn na parte aérea da centrosema, em todos os cortes efetuados, foram significativamente ($P < 0,05$) alteradas pela aplicação de calcário ao solo. Aquelas de Ca sofreram variações significativas ($P < 0,05$) em nove dos quatorze cortes do experimento, enquanto as de K e Zn foram diminuídas significativamente ($P < 0,05$) até o final do segundo ano experimental, em função da calagem. Alterações nessas variáveis, com centrosema cultivada em casa-de-vegetação, sob níveis de

calcário, também foram relatadas por MONTEIRO et al. (1983a). Essas alterações são ilustradas com os resultados das análises do material vegetativo coletado no quarto e décimo segundo cortes. No quadro 6 são mostradas as equações de regressão para essas concentrações de nutrientes, em função dos níveis de corretivo. Pode-se verificar que a porcentagem de Ca na planta foi linearmente incrementada (nos nove cortes) pela aplicação do calcário, enquanto a de Mg inicialmente variou de forma quadrática (isso ocorrendo até o final do terceiro ano) e, posteriormente, de forma linear (no quarto e quinto anos) com as doses de corretivo. As concentrações de K e Zn na centrosema decresceram linearmente com o incremento dos níveis de calcário até o final do segundo ano. O teor de Mn na planta variou, com a calagem, de forma quadrática e o ponto de mínimo ocorreu entre 2,4 e 3,6t de corretivo/ha (com os mais altos valores ocorrendo nos últimos três cortes no experimento), variando a concentração, nesse ponto, entre 120 e 160mg Mn/kg de matéria seca.

Quadro 6. Equações de regressão e coeficientes de determinação relativos à concentração de nutrientes na centrosema (\hat{Y}), por ocasião do quarto e do décimo segundo cortes, em função dos níveis de calcário (X, em t/ha)

Corte	Variável dependente (Y)	Equação	R ²
4º	Ca (%)	$\hat{Y} = 0,9929 + 0,01802X$	0,73
	Mg (%)	$\hat{Y} = 0,2420 + 0,05346X - 0,00792X^2$	0,97
	K (%)	$\hat{Y} = 1,4574 - 0,02688X$	0,75
	Mn (mg/kg)	$\hat{Y} = 164,18 - 35,107X + 6,95530X^2$	0,99
	Zn (mg/kg)	$\hat{Y} = 36,79 - 0,93229X$	0,88
12º	Ca (%)	$\hat{Y} = 0,7464 + 0,03427X$	0,81
	Mg (%)	$\hat{Y} = 0,2899 + 0,02568X$	0,89
	Mn (mg/kg)	$\hat{Y} = 200,31 - 37,633X + 5,28429X^2$	0,98

A concentração de Zn na centrosema foi significativamente aumentada ($P < 0,01$) no material coletado em cada corte do experimento, como resultado da aplicação de Zn na adubação. Para ilustrar essa variação, na figura 4 são mostrados os efeitos da adubação com Zn para a leguminosa amostrada em um corte para cada ano experimental.

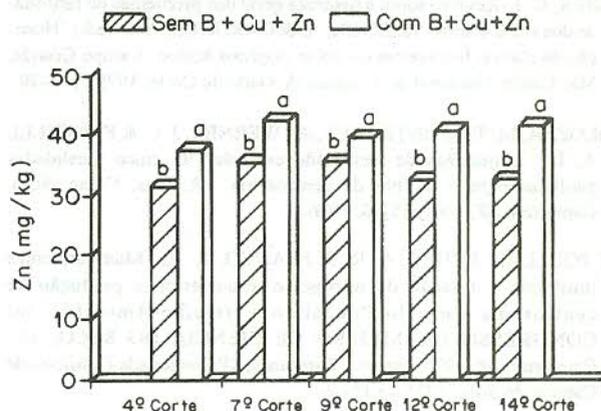


Figura 4. Efeito da adubação com boro + cobre + zinco na concentração de zinco da centrosema colhida nos vários cortes dos cinco anos experimentais. Barras com letras diferentes, dentro de cada corte, diferem entre si pelo teste F ($P < 0,05$)

CONCLUSÕES

Nas condições do presente trabalho, podem-se apresentar as seguintes conclusões:

1. A aplicação do calcário dolomítico teve um efeito marcante na fase inicial e no ano de estabelecimento da centrosema.
2. Para uma adequada implantação da centrosema há necessidade de calagem para elevar a saturação por bases do solo a um mínimo de 45 a 47%.
3. A calagem resulta em acréscimos nas concentrações de P, Ca e Mg na parte aérea da centrosema, bem como em decréscimos naquelas de K e Zn na leguminosa.
4. A concentração de Mn na centrosema varia segundo uma regressão quadrática, com os níveis de calcário, em cada um dos cortes das plantas.
5. O emprego do molibdênio na adubação resulta em positivo efeito no estabelecimento da leguminosa e em efeitos benéficos na centrosema em cada ano experimental.
6. A utilização de zinco na adubação proporciona incremento significativo na concentração desse micronutriente na parte aérea da centrosema, em cada período de crescimento, durante cinco anos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDREW, C. S. Mineral characterization of tropical forage legumes. In: ANDREW, C. S. & KAMPRATH, E. J. (ed.). Mineral nutrition of legumes in tropical and subtropical soils. Melbourne, Vic., CSIRO, 1978. p.93-111.
- _____; & NORRIS, D. O. Comparative responses to calcium of five tropical and four temperate legume species. Austr. J. Agric. Res., Melbourne, Vic., 12:40-5, 1961.
- ASHER, C. J. Revisão sobre a natureza geral dos problemas de fertilidade dos solos ácidos. In: BOOK, A. & GARDNER, A. L. (ed.). Nutrição de plantas forrageiras em solos tropicais ácidos. Campo Grande, MS, Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte, 1979. p. 4-20.
- COLOZZA, M. T.; MONTEIRO, F. A.; WERNER, J. C. & FANCELLI, A. L. Limitações de fertilidade em solos de cinco localidades paulistas para o cultivo de centrosema. R. bras. Cienc. Solo, Campinas, SP, 10(2):151-6, 1986.
- DE POLLI, H.; SUHET, A. R. & FRANCO, A. A. Micronutrientes limitando a fixação de nitrogênio atmosférico e produção de centrosema em solo Podzólico Vermelho-Amerelo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15., Campinas, SP, 1975. Anais... Campinas, SP, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1975. p.151-6.
- DÖBEREINER, J. & ARONOVICH, S. Efeito da calagem e da temperatura do solo na fixação de nitrogênio de *Centrosema pubescens* Benth., em solo com toxidez de manganês. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE PASTAGENS, 9., São Paulo, 1965. Anais... São Paulo, Departamento da Produção Animal, 1966. v.2. p.1121-4.
- FRANÇA, G. E. & CARVALHO, M. M. Ensaio exploratório de fertilização de cinco leguminosas tropicais em um solo de cerrado. Pesq. agropec. bras., Rio de Janeiro, 5:147-53, 1970.
- FRANCO, A. A. Micronutrient requirements of legume-Rhizobium symbiosis in the tropics. In: DÖBEREINER, J.; BURRIS, R. H.; HOLLAENDER, A. (ed.). Limitations and potentials for biological nitrogen fixation in the tropics. New York, Plenum, 1978. p.161-71.
- FREUND, R. J. & LITTELL, R. C. SAS for linear models-a guide to the ANOVA and GLM procedures. Cary, NC., SAS Institute, 1981. 231p.
- JONES, M. B. & FREITAS, L. M. M. Respostas de quatro leguminosas a fósforo, potássio e calcário, num latossolo vermelho-amarelo de campo cerrado. Pesq. agropec. bras., Rio de Janeiro, 5:91-9, 1970.
- _____; QUAGLIATO, J. L. & FREITAS, L. M. M. Respostas de alfafa e algumas leguminosas tropicais à aplicações de nutrientes minerais, em três solos de campo cerrado. Pesq. agropec. bras., Rio de Janeiro, 5:209-14, 1970.
- LINDSAY, W. L. Inorganic phase equilibria of micronutrients in soils. In: MORTVEDT, J. J.; GIORDANO, P. M.; LINDSAY, W. L. (ed.). Micronutrients in agriculture. Madison, Wis, Soil Science Society of America, 1972. p.41-57.
- LOTT, W. L.; NERY, J. P.; GALLO, J. R. & MEDCALF, J. C. A técnica da análise foliar aplicada ao cafeeiro. New York, IBEC Research Institute, 1956. 40p. (Boletim, 9).
- MALAVOLTA, E. Manual de química agrícola; nutrição de plantas e fertilidade do solo. São Paulo, Ceres, 1976. 528p.
- MONTEIRO, F. A.; MALAVOLTA, E. & WERNER, J. C. Efeitos da aplicação de micronutrientes e de níveis de calagem em leguminosas forrageiras. II. Centrosema e galaxia cultivadas em vasos. B. Industr. anim., Nova Odessa, SP, 40(1):127-48, 1983a.
- _____; WERNER, J. C.; FANCELLI, A. L. & SANTOS, M. A. Efeitos da aplicação de quatro micronutrientes em centrosema cultivada em solos de Andradina e São José do Rio Preto. Zootecnia, Nova Odessa, SP, 21(3):227-49, 1983b.
- RAIJ, B. van. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba, SP, Ceres-Potafos, 1991. 343p.
- _____; & ZULLO, M. A. T. Métodos de análise de solo para fins de fertilidade. Campinas, SP, Instituto Agronômico, 1977. 16p. (Circular, 63).
- ROCHA, G. L. Ecosistemas de pastagens. Piracicaba, SP, FEALQ, 1991. 391p.
- SARRUGE, J. R. & HAAG, H. P. Análises químicas em plantas. Piracicaba, SP, ESALQ/USP, 1974. 56p.
- SOARES, W. V. & VARGAS, M. A. T. Ensaio exploratório de fertilização com duas leguminosas tropicais em três solos de cerrado do Distrito Federal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 14, Santa Maria, RS, 1974. Anais... Santa Maria, RS, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1974. p.448-60.
- WERNER, J. C. & MATTOS, H. B. Ensaio de fertilização com quatro micronutrientes em *Centrosema pubescens* Benth. B. Industr. anim., São Paulo, 32:123-35, 1975.
- _____; & _____. Estudos de nutrição de centrosema, *Centrosema pubescens* Benth. B. Industr. anim., São Paulo, 29:375-91, 1972.
- _____; MONTEIRO, F. A. & MEIRELLES, N. M. F. Efeito das adubações com fósforo, potássio e molibdênio mais cobre na consorciação de capim gordura com centrosema. Zootecnia, Nova Odessa, SP, 21(2):109-34, 1983.